

日本人のマグネシウム，亜鉛，銅摂取量 —無機質成分表による計算値と ICP-AES による実測値との比較—

村上 美香，瀬 亜希子，畑井 郁乃，東川 佳絵，甬喜本早由，
文 燦錫*，張 作文，渡辺 孝男**，池田 正之***，新保慎一郎

Dietary intakes of magnesium, zinc and copper in a Japanese population:
A comparison of the food composition table-based estimates with the values
obtained by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES)

Mika Murakami, Akiko Hayase, Ikuno Hatai, Kae Higashikawa, Sayu Hokimoto,
Chan-Seok Moon, Zuo-Wen Zhang, Takao Watanabe,
Masayuki Ikeda and Shin-ichiro Shimbo

1. Dietary intakes of magnesium (Mg), zinc (Zn) and copper (Cu) were estimated by means of food composition table (FCT)—based calculation, and the values thus obtained (the calculated values) were compared with the values measured by the inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES) (the measured values). The calculated values were all lower than the measured values, and were considered to be inadequate for the estimation of dietary element intakes.
2. Not all of the food items consumed were listed in the FCT. The weights of the food items consumed that were listed in the FCT were summed up (FCT-SUM), and the sum was compared with the weight of total food items consumed (CONSUMED). The measured values were corrected by multiplying the ratio of CONSUMED/FCT-SUM (the corrected values, or the values corrected on a total food basis). The corrected values were 116, 116 and 117% of the measured values in cases of Mg, Zn and Cu, respectively. The corrected values are related with the measured values in all three comparisons, although the correlation coefficients were all less than 0.5.
3. Further trials for obtaining a better correlation were made by classification of food items in terms of food groups after the FCT, followed by the correction for each food groups, and then summing up the corrected values. No improvement, however, could be achieved by this procedure.
4. It was concluded, therefore, that the correction on the total food basis would be recommended, and that rough estimates of Mg, Zn and Cu intakes should be available by this procedure.

I. はじめに

食事からのマグネシウム (Mg)，亜鉛 (Zn)，銅 (Cu) 摂取量は食事検体を用いて直接実測する以外

京都女子大学家政学部食物栄養学科

* 仁済大学校産業医学研究所

** 宮城教育大学

*** 京都工場保健会顧問

は「日本食品無機質成分表」¹⁾ (無機質成分表) を利用した算定値で推定できるが，無機質成分表に収載されている食品数が少ないためその値の信頼性は十分と言えない。これまでに陰膳食物収集で得た献立表から無機質成分表を用いた3元素の算定値についての検討成績を報告してきた^{2,3)} が，今回は，誘導結合プラズマ発光分光分析装置 (ICP-AES) で測定した値との比較で計算値の有用性の再検討をおこな

った。

II. 対象および方法

1. 調査対象

日本国内9都道府県10地区に居住する成人女性237名に陰膳方式食物収集^{4,5)}を行い、その資料を調査対象とした。(表1)

2. 調査方法

1) 無機質(マグネシウム, 亜鉛, 銅)摂取量算定: 陰膳方式食物収集で得た献立表を用い無機質成分表¹⁾によるコンピュータプログラムを作成して、

食品番号と食品重量から摂取量を計算した。

2) マグネシウム, 亜鉛, 銅摂取量測定値: 無機質表計算対象者各個人ごとの食事検体を湿式灰化し、誘導結合プラズマ発光分光分析装置(ICP-AES)で3元素を測定した値^{6,7)}を用いた。

3) 表計算食品重量: 表計算の食品総重量と食品群別重量は、「四訂日本食品標準成分表」⁸⁾(四訂成分表)および無機質成分表¹⁾それぞれのコンピュータプログラムから計算した。

4) 成績の評価: 主として Student の対応のある t-検定によった。

III. 成 績

1. 実測値と計算値の比較

1) マグネシウム摂取量について、実測値と計算値および回帰直線を調査地区ごとに比較した。いずれの地区とも実測値より計算値が低値であった。両値は相関関係の良い地区と相関のみられない地区があり一定の成績は得られなかった。237名の成績は、1日平均摂取量は実測値 250 mg に対して計算値は 164 mg と低値 ($p < 0.01$) であった。両値間には相関がみられた ($r = 0.563$, $p < 0.01$) (表2)。

2) 亜鉛摂取量の地区ごとの変化はマグネシウム摂取量に似た傾向を示した。1日平均摂取量は実測値 8583 μg に対して計算値は 5667 μg と低値 ($p < 0.01$) であった。両値間には相関がみられた ($r =$

表1 調査対象者数(女性)

都道府県	地区名	合計
北海道	虻田町	34
新潟	白根市	21
富山	富山市	25
東京	江東区A	24
東京	江東区B	22
滋賀	近江八幡市	25
京都	東山区	25
島根	斐川町	28
高知	芸西村	17
福岡	津屋崎町	16
10地区		237名

表2 マグネシウム摂取量の実測値と計算値の比較

都道府県	地区名	検体数	実測値 (mg/day)	無機質成分表 による計算値 (mg/day)	t-検定	回帰直線と相関関係		
			AM \pm ASD	AM \pm ASD		Y=a+bX	r	p
北海道	虻田町	34	285 \pm 103.3	158 \pm 49.7	**	Y= 54+0.366X	0.760	++
新潟	白根市	21	252 \pm 70.0	179 \pm 42.2	**	Y= 153+0.105X	0.174	
富山	富山市	25	233 \pm 63.3	173 \pm 87.1	**	Y= -21+0.831X	0.603	++
東京	江東区A	24	256 \pm 72.6	160 \pm 58.6	**	Y= -19+0.702X	0.871	++
	江東区B	22	249 \pm 61.2	157 \pm 36.2	**	Y= 71+0.347X	0.587	++
滋賀	近江八幡市	25	251 \pm 69.9	177 \pm 51.9	**	Y= 30+0.588X	0.792	++
京都	東山区	25	233 \pm 51.4	156 \pm 67.1	**	Y= 15+0.603X	0.462	+
島根	斐川町	28	229 \pm 58.8	168 \pm 55.1	**	Y= 9+0.692X	0.740	++
高知	芸西村	17	255 \pm 87.7	162 \pm 47.8	**	Y= 48+0.448X	0.822	++
福岡	津屋崎町	16	248 \pm 70.0	146 \pm 43.4	**	Y= 143+0.015X	0.024	
総計		237	250 \pm 75.1	164 \pm 57.3	**	Y= 57+0.429X	0.563	++

実測値と計算値間に有意差あり ** $p < 0.01$

相関関係(r)の有意性 ++ $p < 0.01$, + $p < 0.05$

X: 実測値 (mg/day) Y: 計算値 (mg/day)

0.527, $p < 0.01$) (表3)。

3) 銅摂取量の地区ごとの変化はマグネシウム、亜鉛摂取量と同様の傾向を示した。1日平均摂取量は実測値 1327 μg に対して計算値は 896 μg と低値 ($p < 0.01$) であった。両値間には相関がみられた ($r = 0.429$, $p < 0.01$) (表4)。

2. 四訂成分表計算使用食品重量と無機質成分表計算使用食品重量の比較

調査地区間で無機質成分表の計算使用食品重量は、四訂成分表計算総重量の55.9%から73.0%であった。全体では平均63.4%であった (表5)。

表3 亜鉛摂取量の実測値と計算値の比較

都道府県	地区名	検体数	実測値	無機質成分表 による計算値	t-検定	回帰直線と相関関係		
			($\mu\text{g/day}$)	($\mu\text{g/day}$)		Y=a+bX	r	p
			AM \pm ASD	AM \pm ASD				
北海道	虻田町	34	9624 \pm 2939.3	5480 \pm 1277.2	**	Y= 2689+0.290X	0.667	++
新潟	白根市	21	8092 \pm 2380.0	5624 \pm 943.2	**	Y= 5087+0.0664	0.168	
富山	富山市	25	8127 \pm 2008.9	6051 \pm 3016.1	**	Y= 743+0.653X	0.435	+
東京	江東区A	24	8675 \pm 3335.7	5792 \pm 3926.1	**	Y= -1776+0.872X	0.741	++
	江東区B	22	6907 \pm 1791.8	5318 \pm 1629.4	**	Y= 840+0.648X	0.713	++
滋賀	近江八幡市	25	8736 \pm 2490.9	6512 \pm 1785.1	**	Y= 1877+0.531X	0.740	++
京都	東山区	25	7982 \pm 1929.2	5213 \pm 1339.0	**	Y= 2765+0.307X	0.442	+
島根	斐川町	28	8424 \pm 1822.4	5616 \pm 1500.9	**	Y= 1045+0.543X	0.659	++
高知	芸西村	17	9907 \pm 2232.1	6292 \pm 1966.2	**	Y= -690+0.705X	0.800	++
福岡	津屋崎町	16	9466 \pm 3439.2	4625 \pm 1142.3	**	Y= 3597+0.109X	0.327	
総計		237	8583 \pm 2620.9	5667 \pm 2113.9	**	Y= 2021+0.425X	0.527	++

実測値と計算値間に有意差あり ** $p < 0.01$

相関関係 (r) の有意性 ++ $p < 0.01$, + $p < 0.05$

X: 実測値 ($\mu\text{g/day}$) Y: 計算値 ($\mu\text{g/day}$)

表4 銅摂取量の実測値と計算値の比較

都道府県	地区名	検体数	実測値	無機質成分表 による計算値	t-検定	回帰直線と相関関係		
			($\mu\text{g/day}$)	($\mu\text{g/day}$)		Y=a+bX	r	p
			AM \pm ASD	AM \pm ASD				
北海道	虻田町	34	1493 \pm 488.7	912 \pm 269.4	**	Y=508+0.271X	0.491	++
新潟	白根市	21	1330 \pm 387.6	960 \pm 216.8	**	Y=863+0.073X	0.130	
富山	富山市	25	1221 \pm 362.3	978 \pm 395.5	**	Y=145+0.682X	0.624	++
東京	江東区A	24	1463 \pm 885.0	879 \pm 424.2	**	Y=689+0.130X	0.271	
	江東区B	22	1000 \pm 255.2	797 \pm 180.3	**	Y=310+0.487X	0.690	++
滋賀	近江八幡市	25	1345 \pm 497.0	951 \pm 292.6	**	Y=465+0.361X	0.613	++
京都	東山区	25	1222 \pm 210.3	817 \pm 201.8	**	Y=475+0.280X	0.292	
島根	斐川町	28	1232 \pm 378.0	891 \pm 235.5	**	Y=493+0.323X	0.519	++
高知	芸西村	17	1692 \pm 714.1	977 \pm 263.0	**	Y=539+0.258X	0.701	++
福岡	津屋崎町	16	1292 \pm 402.6	773 \pm 176.9	**	Y=726+0.036X	0.082	
総計		237	1327 \pm 520.4	896 \pm 289.4	**	Y=579+0.239X	0.429	++

実測値と計算値間に有意差あり ** $p < 0.01$

相関関係 (r) の有意性 ++ $p < 0.01$

X: 実測値 ($\mu\text{g/day}$) Y: 計算値 ($\mu\text{g/day}$)

3. 食品群別四訂成分表および無機質成分表計算使用食品重量の比較

食品群別では、捕捉率の高い群は1群穀類95.3%、17群調味料及び香辛料類89.7%、13群果実類88.8%、11群乳類78.3%、10群卵類76.6%、7群豆類75.3%の順で、低い群は18群調理加工食品類0.0%、3群砂糖及び甘味料類1.9%、16群嗜好飲料類2.3%、4群菓子類5.1%、5群油脂類8.3%の順であった（表6）。

4. 無機質成分表による計算値の補正

個人ごとの3元素値を、無機質成分表と四訂成分表の計算食品重量比率を用いて補正し、実測値と比

較した。3元素ともに実測値より高値となり、両値間の相関は見られるものの相関係数は低下した。さらに、食品群別に無機質成分表使用重量を個人ごとに算定して、四訂成分表計算使用重量との比率で補正し、実測値と比較した。亜鉛摂取量は近似値を得たが、標準偏差値が大となり相関は認められる（ $p<0.01$ ）ものの係数は $r=0.256$ であった。マグネシウムは実測値の131%で相関はなく、銅は93.2%となり相関係数は $r=0.380$ と低下した（表7）。

IV. 考 察

生活習慣病を予防し健康を維持するための食生活

表5 四訂食品成分表と無機質成分表使用の食品重量

都道府県	地 区 名	検体数	四訂食品成分表 使用食品重量 (mg/day)	無機質成分表 使用食品重量 (mg/day)	t-検定	無機質・四訂食品 成分使用重量比 (%)
			AM±ASD	AM±ASD		AM±ASD
北海道	虻 田 町	34	1941±540.1	1312±375.1	**	68.8±12.7
新 潟	白 根 市	21	2040±391.0	1264±230.6	**	62.4± 7.4
富 山	富 山 市	25	2133±654.3	1264±577.4	**	58.0±16.1
東 京	江 東 区 A	24	2040±444.1	1178±371.0	**	57.9±12.7
	江 東 区 B	22	2043±425.0	1306±464.3	**	63.9±16.8
滋 賀	近江八幡市	25	2286±605.8	1608±481.5	**	71.5±14.7
京 都	東 山 区	25	2205±474.3	1210±359.5	**	55.9±14.3
島 根	斐 川 町	28	2017±347.3	1238±259.8	**	61.6± 9.8
高 知	芸 西 村	17	2067±352.2	1266±295.4	**	61.4±10.4
福 岡	津屋崎町	16	2014±505.0	1478±434.7	**	73.0±11.1
総 計		237	2077±500.5	1308±417.5	**	63.4±14.1

四訂成分表と無機質成分表使用食品重量間に有意差あり ** $p<0.01$

表6 群別四訂成分表摂取食物重量に対する無機質成分表使用重量比

	1群	2群	3群	4群	5群	6群	7群	8群	9群	10群	11群	12群	13群	14群	15群	16群	17群	18群	総計
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
虻 田 町	98.9	94.2	2.4	7.7	5.3	14.3	74.7	43.3	28.5	79.7	94.7	70.7	96.7	50.1	66.5	0.1	86.7	0.0	68.8
白 根 市	98.0	71.6	1.9	4.1	2.2	30.4	66.6	35.5	44.1	72.3	85.5	50.9	96.2	35.9	42.6	0.7	94.5	0.0	62.4
富 山 市	87.3	71.9	0.0	14.3	7.8	0.0	78.5	49.7	15.1	76.5	64.1	71.8	94.1	40.7	31.8	0.1	88.2	0.0	58.0
江東区A	93.8	59.9	4.5	1.5	11.1	11.1	77.3	45.2	38.5	67.1	74.1	70.6	78.7	60.2	51.4	2.7	88.6	0.0	57.9
江東区B	95.0	79.0	1.3	7.1	10.6	9.8	78.5	31.2	29.6	84.2	76.8	67.8	80.0	50.1	72.7	0.1	91.1	0.0	63.9
近江八幡市	92.0	89.3	0.0	4.5	1.9	16.9	67.0	61.0	29.5	80.9	85.2	58.9	87.7	21.3	84.3	8.6	88.7	0.0	71.5
東 山 区	95.9	86.7	7.0	0.0	16.4	8.4	62.5	49.6	32.0	85.0	74.7	73.9	79.0	44.7	41.8	2.4	88.7	0.0	55.9
斐 川 町	95.9	87.9	0.1	6.3	19.8	45.7	75.6	48.2	29.4	62.4	83.2	63.1	87.0	63.1	64.3	0.4	87.5	0.0	61.6
芸 西 村	99.4	60.9	0.0	0.0	0.0	0.0	94.2	36.8	35.2	86.7	83.3	65.6	88.7	25.0	49.4	0.0	92.8	0.0	61.4
津屋崎町	97.3	77.0	0.0	2.0	0.0	25.0	84.9	37.0	4.2	72.7	58.5	45.2	99.8	0.0	24.5	10.7	94.7	0.0	73.0
総 計	95.3	79.3	1.9	5.1	8.3	15.8	75.3	44.6	28.9	76.6	78.3	64.9	88.8	42.9	54.9	2.3	89.7	0.0	63.4

表7 無機質摂取量の実測値と計算補正值の比較

無機質	検体数	実測値		無機質成分表1日 量比による補正值	t-検定	回帰直線と相関係数		
		AM±ASD				AM±ASD	Y=a+bX	r
マグネシウム(mg/day)	237	250±	75.1	289± 103.5	**	Y= 122+0.667X	0.484	++
亜鉛 (μg/day)	237	8583±	2620.9	9910±3830.0	**	Y=4187+0.667	0.456	++
銅 (μg/day)	237	1327±	520.4	1557± 528.6	**	Y=1013+0.410X	0.403	++
無機質	検体数	実測値		無機質成分表群別 量比による補正值	t-検定	回帰直線と相関係数		
		AM±ASD				AM±ASD	Y=a+bX	r
マグネシウム(mg/day)	237	250±	75.1	327± 447.1	**	Y= 150+0.706X	0.119	
亜鉛 (μg/day)	237	8583±	2620.9	8251±7481.5		Y=1984+0.730	0.256	++
銅 (μg/day)	237	1327±	520.4	1237± 800.7	**	Y= 673+0.392X	0.380	++

実測値と計算値間に有意差あり ** $p<0.01$

相関関係(r)の有意性 ++ $p<0.01$

X: 実測値 Y: 計算値

の重要性が指摘され、厚生省は「第五次改定日本人の栄養所要量」⁹⁾でその指針を示している。近年は身体構成成分であり生命現象維持に重要なカルシウム、ナトリウム、カリウム、リン、鉄などの所要量は四訂成分表⁸⁾によって容易におおよその摂取量を推定できるが、生体内の物質代謝に重要な役割を演ずるといわれるマグネシウム、亜鉛、銅の食事からの摂取量は、計算の本となる無機質成分表¹⁾が四訂成分表に比べ収載食品数が少なく、摂取量の推定にはいまだ不十分である。1997年には新規食品213を収載した「五訂日本食品標準成分表—新規食品編—」¹⁰⁾(五訂成分表)が公表されたが、なお捕捉には十分とは言えない。これら元素の検索のためには食事検体から直接測定する方法^{6,7)}があるが、食事検体の収集や分析のための労力、費用から考えても、表計算値として迅速に推定できる事が望ましい。すでに、表計算上の問題点について報告した^{2,3)}が、今回、日本国内10ヵ所で陰膳方式食物収集^{4,5)}で得た献立表をもとに、無機質成分表で計算した値と同じ検体をICP-AESで測定した成績^{6,7)}と比較して、表計算値の信頼性について検討した。

対象成人女性の食事からのマグネシウム摂取量は実測値では1日平均250mg、無機質成分表で計算した値は164mg、亜鉛は8583μgと5667μg、銅1327μgと896μgであった。これらの値はともに厚生省の定めた日本人の目標摂取量のマグネシウム300mg、日本人の摂取量亜鉛8～15mg、推奨量成人15mg/日、銅1.28～2.5mg、必要量1.1～1.6

mg/日⁹⁾を満足する値でなかった。計算値を用いた場合にはその数値は3元素とも目標摂取量をはるかに下廻った。マグネシウムの計算値が実測値の67.8%であることから、両値間の比例計算での推定値の有効性を検討した。両値間には有意の相関($p<0.01$)がみとめられたが、その係数は $r=0.565$ であった。個々の地区でも計算値は実測値に比べすべて低値であったが、相関関係が認められない地区から $r=0.871$ と高い相関を示す地区まであり、同じ傾向を示すものではなかった。亜鉛では計算値が実測値の68.4%、相関係数は0.527、銅は71.5%と0.380とともにマグネシウムと同じ傾向であった。

以前に、無機質成分表に収載されている食品数が栄養計算に使用されている四訂成分表に比べ少なく(26.9%)、無機質成分表では常用食品の収載が多いとはいえ、われわれの成績では四訂成分表の捕捉食品重量の58.7%であることを報告した³⁾。単純に捕捉食品重量の不足がこれら3元素の計算値の低値の原因と考え、1日摂取食品重量に対する個人ごとの無機質成分表使用重量の比率で3元素摂取量を補正した。結果は表7の上欄に示したごとく実測値に対してマグネシウム115.6%、亜鉛115.5%、銅117.3%と高値となった。両値間に有意な相関($p<0.01$)は認められるものの、その係数は0.484, 0.456, 0.403と低い値であった。

1日摂取食品を群別重量で比較すると1群穀類、16群嗜好飲料類、12群野菜類、13群果実類、11群乳類、7群豆類、8群魚介類の順となっている。無機

質成分表での捕捉率は1群穀類は95.3%と高いものの、16群嗜好飲料類2.3%、12群野菜類64.9%、13群果実類88.8%、11群乳類78.3%、7群豆類75.3%、8群魚介類44.6%であった。各元素の食品中含有量に大きい差があって、食品によっては少量の摂取で値に影響することが予想されるが、その危険性を承知の上で各個人の食品群別に無機質成分表使用重量の比率を求め、3元素の食品群別摂取量を補正してみた。成績は表7の下欄に示したごとくで、銅摂取量に差は見られなくなったが、マグネシウム130.8%、亜鉛93.2%となり標準偏差値も大きくなり、良好な相関関係は得られなくなった。食品群別補正は元素の含量、捕捉率、摂取食品量などのばらつきもあって、期待された成績が得られなかったと考えられる。

無機質成分表を利用してマグネシウム、亜鉛、銅の3元素の計算値そのままで栄養学的判断をするには困難である^{2,3)}が、今回の実測値との比較から目標摂取量に示されている値の幅が大である⁹⁾ことを考慮すると、1日摂取食品重量に対する無機質成分表使用重量の比率からの補正值で評価できるのではないかと結論した。なお、五訂成分表として新規食品213が加わったものの、試しの計算での捕捉率はなお満足できるものではなかった。

V. ま と め

1. 無機質成分表を利用して食事からのマグネシウム、亜鉛、銅の摂取量を計算し、ICP-AESの測定値と比較した。計算値はすべて実測値より低値で、所要量の評価には不十分であった。

2. 実測値の食物重量と表計算使用の1日食物重量比率から3元素の計算値を補正し比較した。補正值は実測値に対してマグネシウム116%、亜鉛116%、銅117%となり、両値は相関したがその係数は3元素とも0.5以下であった。

3. 食品群別に栄養計算と無機質計算に用いた重量比から補正して1日摂取量を比較した。1日食物重量比率から補正した場合より良い成績は得られなかった。

4. 無機質成分表を利用したマグネシウム、亜鉛、銅の摂取量は評価に不十分であるが、計算に使用する食物重量比を乗じて推測することで一応の評価が

できると考えた。

文 献

- 1) 科学技術庁資源調査会編：日本食品無機質成分表，大蔵省印刷局，1991.
- 2) Shimbo S., A. Hayase, M. Murakami, I. Hatai, K. Higashikawa, C-S. Moon, Z-W. Zhang, T. Watanabe, H. Iguchi, M. Ikeda: Use of food composition database to estimate daily dietary intake of nutrient or trace elements in Japan, with reference to its limitation. Food Addit Contam 13: 775-786, 1996.
- 3) 瀬田希子，村上美香，畑井郁乃，東川佳絵，張作文，文燦錫，渡辺孝男，池田正之，新保慎一郎：無機質成分表を利用した食事中無機質摂取量の検討，京都女子大学食物学会誌51：23-32，1996.
- 4) 木村恵子，今井美子，河村佐規子，山本久美子，保元美保子，新保慎一郎，岩見億丈，池田正之：陰膳方式食物収集による日本人の栄養調査，京都女子大学食物学会誌47：19-25，1992.
- 5) Shimbo S., S. Kawamura, K. Yamamoto, K. Kimura, Y. Imai, M. Yasumoto, T. Watanabe, O. Iwami, M. Ikeda: Reduced carbohydrate intake in past 10 years in two rural areas in Japan. Ecol Food Nutr 33 : 123-130, 1994.
- 6) Moon C-S., Z-W. Zhang, S. Shimbo, S. Hokimoto, K. Shimazaki, T. Saito, A. Shimizu, Y. Imai, T. Watanabe, M. Ikeda: A comparison of food composition table-based estimates of dietary element intake with the values obtained by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry: An experience in a Japanese population. J Trace Elements Med Biol 10 : 237-244, 1996.
- 7) Moon C-S., S. Hokimoto: 未発表
- 8) 科学技術庁資源調査会編：四訂日本食品標準成分表，大蔵省印刷局，1982.
- 9) 厚生省保健医療局健康増進課監修：第五次改訂日本人の栄養所要量，第一出版，1996.
- 10) 科学技術庁資源調査会編：五訂日本食品標準成分表—新規食品編—，大蔵省印刷局，1997.